

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 199 09 936 A 1

⑯ Int. Cl. 7:
G 06 T 17/00
G 06 T 15/70

DE 199 09 936 A 1

⑯ Aktenzeichen: 199 09 936.7
⑯ Anmeldetag: 6. 3. 1999
⑯ Offenlegungstag: 14. 9. 2000

⑯ Anmelder:
Weber-Perera, Hans Michael, 53225 Bonn, DE

⑯ Vertreter:
Bauer, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 50968
Köln

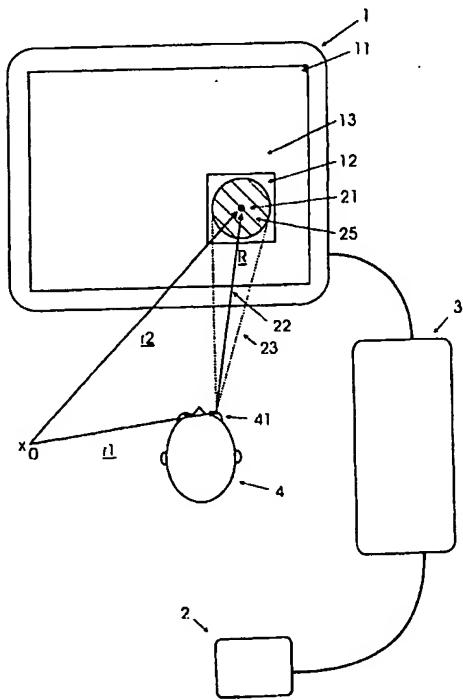
⑯ Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Vorrichtung und Verfahren zur hochauflösten optischen Präsentation von Virtual Reality Szenarien

⑯ Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zur hochauflösten optischen Präsentation von Virtual Reality Szenarien. Sie umfaßt ein Datensichtgerät (1) mit mindestens einer Anzeigeeinheit (11), insbesondere einem Bildschirm, zur optischen Wiedergabe von analogen oder digitalen Bilddaten, weiterhin eine Vorrichtung (2) zur zeitaufgelösten Erfassung der Blickrichtung (22) eines die Anzeigeeinheit (11) betrachtenden Beobachters (4), die insbesondere dafür ausgelegt ist, die aktuelle Blickrichtung (22) des Beobachters (4) auf die Anzeigeeinheit (11) zu erfassen, sowie eine Computereinheit (3), die mit der Anzeigeeinheit (11) und der Vorrichtung (2) zur zeitaufgelösten Erfassung der Blickrichtung (22) verbunden ist, wobei die Computereinheit (3) dazu eingerichtet ist, mittels eines Steuerungsprogrammes Szenen in einer Virtual Reality Simulation zu erzeugen und mittels der Anzeigeeinheit (11) dem Beobachter (4) darzubieten, wobei die Computereinheit (3) dazu eingerichtet ist, derartige Bilder zu generieren, die in einem zentralen Bildbereich (12) eine erhöhte Farbtiefe AF(zentral) und/oder eine erhöhte räumliche Auflösung AR(zentral) aufweisen, und die in einem peripheren Bildbereich (13), welcher außerhalb des zentralen Bildbereichs (12) liegt, eine reduzierte Farbtiefe AF(peripher) und/oder eine reduzierte räumliche Auflösung AR(peripher) aufweisen, wobei der zentrale Bildbereich (12) derart gewählt ist, daß er diejenige Fläche (25) auf der Anzeigeeinheit ...



Beschreibung

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zur Erzeugung und Darstellung von hochauflösten Bildern einer Virtual Reality Simulation mit höchster optischer Auflösung gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß Anspruch 14.

Heutige Virtual Reality Systeme weisen i. a. folgenden charakteristischen Aufbau auf:

In einer Computereinheit werden mittels geeigneter Steuerungsprogramme in schneller Folge Einzelbilder generiert, die eine möglichst wirklichkeitsgetreue Nachbildung einer irgendwie gearteten Umgebung darstellen sollen. Diese Bilder werden einem Beobachter mittels einer geeigneten Anzeigeeinheit präsentiert, beispielsweise auf einem Bildschirm. Der Beobachter hat die Möglichkeit, mittels einer Eingabeeinheit, z. B. eines "Joysticks" oder einer Tastatur den Verlauf der Virtual Reality Simulation zu beeinflussen. Beispiele hierfür sind der weithin bekannte Nintendo-Gameboy oder die Sony-Playstation. Der gleiche Aufbau lässt sich prinzipiell auch mittels Personal Computern oder Workstations realisieren.

Allen diesen Systemen ist gemein, dass dem Beobachter eine Folge von Einzelbildern präsentiert wird, welche jeweils auf ihrer vollen Fläche eine weitgehend einheitliche Bildinformation beinhalten. Insbesondere weist jedes präsentierte Einzelbild über seine gesamte Fläche eine einheitliche räumliche Auflösung (z. B. 1024 pixel auf der gesamten Bildschirrbreite und 768 pixel auf der gesamten Bildschirmhöhe) und eine einheitliche Farbtiefe (z. B. $2^{16} = 65536$ Farbstufen oder 256 Graustufen) auf. Weiterhin wird dem Beobachter im allgemeinen eine Folge von Einzelbildern präsentiert, die stets in gleichem zeitlichen Abstand aufeinanderfolgen (1 Bild je 40 ms entsprechend 25 Hz).

Konventionelle Virtual Reality Simulationen berechnen prinzipiell alle Bildpunkte eines neuen Einzelbildes neu. Dies führt jedoch zu enormen Anforderungen an die Rechenleistung des verwendeten Computersystems. Läuft eine Simulation mit einer Farbtiefe von 16 bit entsprechend 65536 Farbstufen und einer räumlichen Auflösung von 1024 pixeln (horizontal) und 768 pixeln (vertikal) mit einer Bildrate von 25 Bildern pro Sekunde ab, so müssen bereits $1,29 \times 10^{12}$ pixel pro Sekunde neu berechnet werden. Dies ist mit der heute zur Verfügung stehenden Computertechnik zumindest im Consumer-Bereich nicht zu realisieren. Neuere Verfahren, die bei der Generierung von Virtual Reality Simulationen verwendet werden, beinhalten spezielle, in die Videohardware integrierte Algorithmen zur Berechnung spezieller optischer Effekte wie Schattenwurf etc. zur Minimierung des Rechenaufwands. D. h. diese Verfahren versuchen in erster Linie, den Rechenaufwand bei der Generierung einer bewegten Virtual Reality Szenerie zu verringern, versuchen aber nicht oder nur eingeschränkt, die Parameter Farbtiefe, räumliche Auflösung oder Wiederholrate angepasst einzustellen.

Physiologische Untersuchungen belegen dagegen eine vollständig andere Funktionsweise des menschlichen Auges und der ihm nachgeschalteten Informationsverarbeitung im Gehirn. Beispielsweise ist bekannt, daß die Fähigkeit zum Farbsehen nicht gleichmäßig über die gesamte Netzhaut verteilt ist, sondern auf einen eng begrenzten zentralen Bereich der Netzhaut konzentriert ist. In diesem Bereich befindet sich eine hohe Dichte von als Zapfen bezeichneten Sehzellen. Von diesen Zapfen existieren verschiedene Typen, die jeweils in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen empfindlich sind, und die durch ein Zusammenwirken eine Art RGB Farbsehen ermöglichen.

Die Verteilung der unterschiedlichen Zellen der Netzhaut

wird am zweckmäßigsten in einem Polarkoordinatensystem angegeben, wobei man einen Polarwinkel β und einen Azimuthalwinkel γ verwendet, die auf die Blickrichtung des Auges bezogen sind.

Der zentrale Bereich der Netzhaut, in dem sich die höchste Dichte an Zapfen befindet, ist im wesentlichen kreisförmig und kann durch einen Bereich des Polarwinkels β von 0° bis etwa 10° charakterisiert werden. Außerhalb dieses zentralen Bereichs fällt die Dichte der Zapfen stark ab.

An ihre Stelle treten die sogenannten Stäbchen, die eine erhöhte Lichtempfindlichkeit aufweisen, jedoch keine Fähigkeit zur Farbwahrnehmung zeigen.

Weiterhin wird durch eine spezielle Informationsverarbeitung im Gehirn eine hohe Empfindlichkeit der Stäbchen auf Bewegungsreize erzielt. Die Stäbchen erreichen ihre höchste Dichte bei einem Polarwinkel β von etwa 20° Grad, und fallen langsam bis zu einem Winkel von 80° auf 0° ab.

Aus dieser unterschiedlichen Verteilung von Zapfen- und Stäbchenzellen ergibt sich eine stark unterschiedliche Empfindlichkeit der Netzhaut bezüglich der Farbwahrnehmung, dem räumlichen Auflösungsvermögen sowie der Empfindlichkeit auf Bewegungsreize. Im zentralen Bereich des Sehfeldes, der durch einen Bereich des Polarwinkels β von 0° bis 10° Grad gekennzeichnet ist, nimmt das Auge Bildinformationen mit hoher räumlicher Auflösung und höchster Farbunterscheidungskraft auf.

Außerhalb dieses zentralen Bereichs, im sogenannten peripheren Sehfeld, findet eine deutlich verringerte Farbwahrnehmung statt. Die an der Wahrnehmung beteiligten Stäbchen reagieren nur noch auf die Helligkeitsverteilung der wahrgenommenen Bildinformation. Das räumliche Auflösungsvermögen im peripheren Sehfeld ist gegenüber dem zentralen Bereich reduziert. Jedoch ist das periphera Sehfeld im erhöhten Maße auf Veränderungen der Bildinformation, mithin also auf Bewegungen sensativ.

Für das zeitliche Auflösungsvermögen des menschlichen Auges muß zwischen der Wahrnehmung von unbewegten und bewegten Bildern unterschieden werden.

Bei der Betrachtung eines unbewegten Bilds muß zwischen der Fixationsphase und den sogenannten Blinksprüngen unterschieden werden. Während der Fixationsphase werden Ausschnitte des wahrgenommenen Bildes fixiert, wobei sich die Blickrichtung nicht ändert. Die Blickrichtung wird zweckmäßigerweise in einem weiteren Polarkoordinatensystem durch die zwei Blickwinkel ϑ (Polarwinkel) und φ (Azimuthalwinkel) gekennzeichnet.

Jedoch erfolgen auch während einer länger dauernden Fixationsphase (größer einhundert Millisekunden) geringe Änderungen der Blickrichtung, sogenannte sakkadische Blinksprünge.

Bei diesen sakkadischen Blinksprüngen ändert sich die Blickrichtung geringfügig, der gestalt daß sich das Erregungsmuster der Sehzellen auf der Netzhaut ändert.

Während einer Sakkade bewegt sich das Auge und würde daher eine verwischte oder unscharfe Bildinformation liefern. Aus diesem Grunde wird die Bildinformation während einer Sakkade bei der Verarbeitung im Gehirn unterdrückt. Zwischen zwei sakkadischen Blinksprüngen können mehrere hundert Millisekunden vergangen. Der Blinksprung selbst benötigt etwa zwanzig bis achtzig Millisekunden.

Bei der Wahrnehmung eines bewegten Bildes folgt das Auge im allgemeinen aufmerksamkeitsgesteuert dem bewegten Objekt. Diese Nachfolgebewegung des Auges kann kontinuierlich erfolgen. Die während dieser Nachfolgebewegung aufgenommene Bildinformation wird bei der Bildverarbeitung im Gehirn nicht unterdrückt, da sie die Information über die Bewegung des fixierten Objekts beinhaltet.

Bei der Betrachtung eines bewegten Bildes können aufmerksamkeitsgesteuerte Blicksprünge erfolgen, bei denen sich die Blickrichtung um einen größeren Winkelbetrag ändert. Während dieser Blicksprünge wird die Bildinformation jedoch bei der Weiterverarbeitung im Gehirn unterdrückt.

Neben der kontinuierlichen Folgebewegung und den Blicksprüngen bei der Betrachtung eines bewegten Bildes sind auch sakkadische Blicksprünge wie im Falle eines statischen Bildes möglich.

Grundinformation über das Sehen des Menschen können beispielsweise dem Buch Physiologie des Menschen von Schmidt/Thews, Springer, Heidelberg 1977 entnommen werden.

Die Erfassung von Augenbewegungen, insbesondere die Erfassung der Blickrichtung eines Beobachters sind mittels einer Vielzahl von Methoden möglich. Eine Einführung in dieses Themengebiet gibt das Buch Augenbewegungsstörungen von T. Brand und W. Büchle, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1983. Weiterhin wird auf das Buch Elektroenzephalographie von R. Cooper, J. W. Osselton, J. C. Shaw, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1978 verwiesen.

Insbesondere werden in beiden Büchern die Möglichkeiten der Messung von el. Potentialen, die mit Blickbewegungen assoziiert sind, diskutiert.

Zu nennen ist an dieser Stelle vor allem die Methode der Elektronystagmographie, die darauf beruht, daß das menschliche Auge einen elektrischen Dipol darstellt. Aus einer Vierpunktressung des elektrischen Potentials in der direkten Nähe eines Auges können Änderungen der Blickrichtung des Auges über den gesamten dem Auge zugänglichen Winkelbereich mit einer Winkelauflösung von besser 5° registriert werden. Durch zeitaufgelöste Messung der Erregungspotentiale der Augenmuskulatur können Blicksprünge nicht nur registriert, sondern auch etwa 50 Millisekunden im voraus vorhergesagt werden.

Weitere Methoden zur Registrierung von Augenbewegungen beruhen beispielsweise auf der unterschiedlichen IR-Reflektivität von Iris und Sklera. Diese Photo-Elektro-nystagmographie genannte Methode erreicht ein noch höheres Auflösungsvermögen als die konventionelle Elektronystagmographie.

Neuere Methoden beruhen auf der Beobachtung von Längenänderung der Iris mittels CCD-Kameras und nachfolgender Bildauswertung.

Die vorliegende Erfindung hat es sich zur Aufgabe gemacht, im Gegensatz zu den vorbekannten Vorrichtungen und Verfahrensweisen eine an die Physiologie der optischen Wahrnehmung des Menschen angepaßte Vorrichtung und ein angepaßtes Verfahren zur möglichst realitätsnahen Präsentation von Bildern einer Virtual Reality Simulation zu entwickeln.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß Anspruch 14.

Im Gegensatz zu den vorbekannten Vorrichtungen und Verfahren ist die erfundungsgemäße Vorrichtung und das erfundungsgemäße Verfahren an die Physiologie des visuellen Systems des Menschen angepaßt. Insbesondere wird die Tatsache ausgenutzt, dass das menschliche Auge nicht über das gesamte Sehfeld ein einheitliches räumliches Auflösungsvermögen und eine einheitliche Farbwahrnehmung aufweist.

Die erfundungsgemäße Vorrichtung weist eine Vorrichtung zur zeitaufgelösten Erfassung der Blickrichtung eines einer Anzeigeeinheit betrachtenden Beobachters auf. Diese Vorrichtung zur zeitaufgelösten Erfassung der Blickrichtung ist insbesondere dafür ausgelegt, die räumliche Lage r₁ der Augen des Beobachters und des von ihm auf der Anzeigeeinheit betrachteten Fixationspunkts r₂ zeitaufgelöst zu er-

fassen.

Eine Computereinheit ist mit der Vorrichtung zeitaufgelösten Erfassung der Blickrichtung verbunden und ist dazu eingerichtet, mittels eines Steuerungsprogramms vorzugsweise realistische Szenen einer Virtual Reality Simulation zu erzeugen. Diese werden auf einer Anzeigeeinheit dargeboten.

Die Computereinheit ist dazu eingerichtet, derartige Bilder zu generieren, die mindestens zwei Bildbereiche mit unterschiedlicher Bildauflösung aufweisen. Ein zentraler Bildbereich weist eine erhöhte räumliche Auflösung und/oder Farbtiefe auf, der außerhalb dieses zentralen Bildbereichs gelegene, sog. peripherer Bildbereich weist eine demgegenüber verringerte räumliche Auflösung und/oder Farbtiefe auf. Dabei ist der zentrale Bildbereich so gewählt, daß er eine Fläche, welche vom zentralen Sehfeld des Beobachters erfaßt wird, im wesentlichen vollständig umfaßt, insbesondere in Bezug auf Geometrie, Lage und Größe vollständig mit ihr übereinstimmt.

Das zentrale Sehfeld ist allgemein gegeben durch denjenigen Bereich der Netzhaut des Auges eines Beobachters, der eine erhöhte Fähigkeit zur Farbwahrnehmung und/oder ein erhöhtes räumliches Auflösungsvermögen aufweist. Diese Bereiche sind im wesentlichen rund, so daß ein Strahlbündel, welches unter einem maximalen Winkel β gegen die Blickrichtung des Beobachters einfällt, mit guter Genauigkeit auf diesen Bereich der Netzhaut abgebildet wird. Prinzipiell ist es möglich, das zentrale Sehfeld über ein Intervall $[0^\circ, \beta(\text{zentral})]$ des Winkels β zu definieren. Im allgemeinen ist die Außengrenze des zentralen Sehfelds über eine Relation $\beta(\gamma)$ zu definieren, wobei γ der zugehörige Azimuthalwinkel eines Polarkoordinatensystems ist, dessen z-Achse durch die Blickrichtung des Beobachters definiert ist. Auf diese Weise kann eine optimierte Anpassung des zentralen Sehfelds an die physiologischen Voraussetzungen des Beobachters oder eines "mittleren Beobachters" erfolgen. Das zentrale Sehfeld, insbesondere der Winkel $\beta(\text{zentral})$ und der außerhalb davon liegende Bereich, das sogenannte peripherie Sehfeld, werden an die Physiologie eines Durchschnittsbeobachters angepaßt gewählt.

Zur Vereinfachung kann jedoch auf eine Berücksichtigung der Abhängigkeit $\beta(\gamma)$ verzichtet werden. In diesem Fall wird ein fester Wert für $\beta(\text{zentral})$ für alle Azimuthalwinkel γ verwendet. Es ergibt sich ein kreisförmiges zentrales Sehfeld. Vorzugsweise wird das Intervall $[0^\circ, \beta(\text{zentral})]$ durch den Winkel $\beta(\text{zentral}) = 30^\circ$, vorzugsweise $\beta(\text{zentral}) = 20^\circ$, insbesondere $\beta(\text{zentral}) = 10^\circ$ gegeben.

Eine Reduktion der räumlichen Auflösung und/oder der Farbtiefe im peripheren Bildbereich ermöglicht es, die Zahl der für ein neu generiertes Einzelbild zu berechnenden Bildpunkte drastisch zu reduzieren. Wird eine Anzeigeeinheit verwendet, die ein maximales Sehfeld bis zu einem Winkel $\beta = 70^\circ$ ermöglicht, und das zentrale Sehfeld durch einen Winkels $\beta(\text{zentral})$ von 30° gegeben ist, im dadurch gegebenen zentralen Bildbereich eine räumliche Auflösung von 1.024×768 Bildpunkten bezogen auf die gesamte Fläche der Anzeigeeinheit mit einer Farbtiefe von 65.536 Farbstufen verwendet wird, und im peripheren Bildbereich eine reduzierte Auflösung von 640×480 Bildpunkten bezogen auf die gesamte Fläche der Anzeigeeinheit mit einer schwarz/weiß-Darstellung mit 256 Helligkeitsstufen verwendet wird, so ergibt sich eine Reduktion von 80% der neu zu berechnenden Bildinformation gegenüber der Situation, daß auf der gesamten Fläche der Anzeigeeinheit eine räumliche Auflösung von 1.024×768 Bildpunkten mit jeweils 65.536 Farbstufen verwendet wird.

Diese drastische Reduktion der neu zu berechnenden Bildinformation kann noch erhöht werden, indem das zen-

trale Sehfeld kleiner gewählt wird oder die räumliche Auflösung oder die Zahl der Helligkeitsstufen im peripheren Bildbereich weiter reduziert wird.

Weitere Reduktionsmöglichkeiten ergeben sich weiterhin, wenn das Sehfeld des Beobachters nicht nur in zwei, sondern eine größere Zahl von Zonen unterteilt wird, in denen stufenweise die räumliche Auflösung und/oder die Farbtiefe reduziert werden.

Eine weitere Möglichkeit, zumindest temporär die Rate R zu verringern, mit der neue Bildinformation generiert wird, ergibt sich, wenn während eines sakkadischen Blicksprungs die Datenrate reduziert wird. Da während eines solchen Blicksprungs das Auge quasi blindgeschaltet wird, ist insbesondere eine Reduktion der Datenrate R um 100% möglich, d. h. während des Blicksprungs muß kein gegenüber dem vorhergehenden Bild verändertes Bild generiert werden. Vorzugsweise wird während des Blicksprungs auf der Anzeigeeinheit das letzte Einzelbild, welches vor dem Blicksprung gezeigt wurde, weiterhin angezeigt. Es ist jedoch auch möglich, ein vollständig anderes Bild, insbesondere ein einheitlich graues Bild oder einen leeren Bildschirm anzuzeigen.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen auf der Hand: Die mit der vorliegenden Erfindung erreichbare Reduktion der neu zu berechnenden Bildinformation zu Generierung von Einzelbildern einer Virtual Reality Simulation ermöglicht entweder die Realisierung realitätsnaher Virtual Reality Simulationen bereits auf Computereinheiten aus dem Consumer-Bereich, oder eine deutliche Erhöhung der Detailtreue von Virtual Reality Simulationen, die auf Hochleistungs-Workstations oder vergleichbaren Computereinheiten generiert werden. Weiterhin können die Ansprüche an die zu verwendende Videohardware reduziert werden.

Weitere Merkmale und Vorzüge des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung finden sich in den nun folgenden, anhand der Zeichnung erläuterten Ausführungsbeispielen, die nicht einschränkend zu verstehen sind. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung einschließlich eines Beobachters,

Fig. 2 eine Darstellung eines die Anzeigeeinheit betrachtenden Beobachters, anhand der die zugrundeliegende Geometrie definiert wird,

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines die Anzeigeeinheit betrachtenden Auges eines Beobachters, anhand der die Winkel ϑ und φ definiert werden, und

Fig. 4 eine weitere Darstellung eines die Anzeigeeinheit betrachtenden Auges eines Beobachters, anhand der das zentrale Sehfeld des Beobachters, gekennzeichnet durch einen festen Winkel β , definiert wird.

Fig. 5 eine weitere Darstellung eines die Anzeigeeinheit betrachtenden Auges eines Beobachters, anhand der das zentrale Sehfeld des Beobachters, gekennzeichnet durch eine allgemeine Relation $\beta(\gamma)$, definiert wird.

Der schematische Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in Fig. 1 gezeigt. Eine Computereinheit 3 ist mit einem Datensichtgerät 1 verbunden. Dieses Datensichtgerät 1 weist eine Anzeigeeinheit 11 auf, die beispielsweise mittels eines herkömmlichen Kathodenstrahlbildschirms realisiert sein kann. Die Computereinheit 3 kann beispielsweise aus einem herkömmlichen PC oder einer Workstation bestehen. Die Anzeigeeinheit 11, an dieser Stelle der Bildschirm, ist dazu eingerichtet, von der Computereinheit generierte analoge oder digitale Bilddaten optisch wiederzugeben. Auf der Computereinheit 3 wird ein Steuerungsprogramm ausgeführt, welches Szenen einer Virtual Reality Simulation erzeugt. In den Ablauf dieser Virtual Reality Simulation kann

ein Beobachter 4 eingreifen. Dieser Eingriff kann mittels der Bedienung eines Joysticks oder einer Eingabe auf einer Tastatur oder auf einem anderen Eingabegerät erfolgen. Insbesondere kann es sich bei der Virtual Reality Simulation um eine interaktive Simulation handeln.

Vorteilhafterweise ist das Datensichtgerät 1 als Brille oder Datenhelm ausgebildet. Eine solche Brille oder ein solcher Datenhelm wird auch als "Eyephone" bezeichnet. Stereoskopisches Sehen kann mittels zwei von einander unabhängigen Anzeigeeinheiten 11 realisiert werden. In diesem Fall muß beachtet werden, daß die beiden Augen 41 eines Beobachters 4 die Anzeigeeinheiten 11 nicht unter identischen Blickrichtungen 22 betrachten. Die bisherigen und auch die folgenden Ausführungen behalten aber ihre Gültigkeit im Hinblick auf die Verfahrensweise für jeweils ein einzelnes Auge.

Die mindestens eine Anzeigeeinheit 11 des Datensichtgeräts 1 ist vorteilhafterweise als Flachbildschirm in LCD-, Plasma- oder Polymertechnologie oder als Projektionsvorrichtung in LCD-Technologie ausgeführt.

Der Beobachter 4 betrachtet die auf der Anzeigeeinheit 11 wiedergegebene Virtual Reality Simulation. Die die bei der Betrachtung der Simulation ausgeführten Blickbewegungen des Beobachters kennzeichnenden Größen r_1 und r_2 werden mittels einer Vorrichtung 2 zur zeitaufgelösten Erfassung der Blickrichtung 22 aufgenommen. Die der Erfindung zugrundeliegende Geometrie ist in Fig. 2 gezeigt. Der gestrichelte Pfeil in Fig. 2 kennzeichnet den Verlauf des Fixationspunkts 21 während eines Blicksprungs oder eines kontinuierlichen Blickrichtungswechsels. Weiterhin ist der damit verbundene Wechsel der Fläche 25 und des zentralen Bildbereichs 12 gezeigt.

Die Vorrichtung 2 zur zeitaufgelösten Erfassung der Blickrichtung 22 kann beispielsweise realisiert werden durch eine oder mehrere Kameras, die die genaue Position des Beobachters 4, insbesondere die Position r_1 seiner Augen 41 im Raum sowie die jeweilige Augenstellung des Beobachters 4 erfassen. Mittels elektronischer Bildverarbeitung ist es möglich, aus der genauen räumlichen Position der Augen 41 relativ zur Position der Anzeigeeinheit 11 des Beobachters 4 und aus seiner Augenstellung die Blickrichtung 22 des Beobachters 4 und den Fixationspunkt 21 zu bestimmen.

Die Blickrichtung 22 kann gekennzeichnet werden durch den Azimuthalwinkel φ und den Polarwinkel ϑ eines Polarkoordinatensystems, dessen z-Achse gebildet wird durch eine Normale 26 gegen die Anzeigeeinheit 11 errichtet über dem Fixationspunkt 21. Die Blickrichtung 22 ist gegeben durch die Verbindungsgeraden zwischen dem Fixationspunkt 21 und dem Auge 41 des Beobachters 4. Dies ist in Fig. 3 dargestellt. Für den Azimuthalwinkel φ wird willkürlich eine Null-Lage festgelegt. Damit kann die Lage der Blickrichtung 22 relativ zur Normalen 26 über dem Fixationspunkt 21 eindeutig durch die Winkel ϑ und φ gekennzeichnet werden.

Aus r_1 , den Winkeln ϑ und φ und der Lage der Anzeigeeinheit 11 im Raum läßt sich die Lage r_2 des Fixationspunkts 21 auf der Anzeigeeinheit 11 bestimmen.

Die Lage r_1 der Augen des Beobachters im Raum kann beispielsweise auch mittels sonstiger beliebiger Vorrichtungen registriert werden, die auf die Lage eines z. B. am Kopf des Beobachters angebrachten Markers wie eines Magnets/Sensors/Senders etc. empfindlich sind.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die räumliche Lage der Anzeigeeinheit 11 relativ zur räumlichen Lage r_1 der Augen 41 eines Beobachters 4 im wesentlichen fixiert und bekannt. Dies bietet den Vorteil, daß zur Bestimmung der Blickrichtung 22 und

des Fixationspunktes 21 nur noch die aktuelle Augenstellung des Beobachters 4 ermittelt werden muß.

Dies kann beispielsweise mittels eines Elektronystagmographen, eines Photo-Elektronystagmographen, mittels EMG("Elektromyogramm")-Messungen oder mittels der Beobachtung der Augenstellung durch ein PSD ("Position Sensitive Device") mit Auswerteelektronik oder eine CCD-Kamera und einer nachfolgenden Bildverarbeitung geschehen.

Falls Elektronystagmographen oder EMG-("Elektromyogramm")-Messungen zum Einsatz kommen, ist es vorteilhaft, eine individuelle Eichung der tatsächlich ausgeführten Augenbewegungen gegen die gemessenen el. Potentiale vorzunehmen. Diese kann beispielsweise mittels Präsentation von bewegten Testbildern auf der Anzeigeeinheit 11 durchgeführt werden, die von den Augen 41 eines Beobachters 41 in kontinuierlicher Folgebewegung verfolgt werden.

Besondere Vorteile ergeben sich, wenn die Vorrichtung 2 zur Ermittlung der Blickrichtung 22 in das Datensichtgerät 1 integriert ist. Weiterhin vorteilhaft ist es, wenn die elektrischen Sensoren eines Elektronystagmographen oder EMGs ebenfalls in das Datensichtgerät 1 integriert sind.

Weitere Vorteile ergeben sich, wenn die Computereinheit 3 drahtlos mit dem Datensichtgerät 1 und der Vorrichtung 2 zur Ermittlung der Blickrichtung 22 verbunden ist.

Die Computereinheit 3 ist dazu eingerichtet, Bilder einer Virtual Reality Simulation zu erzeugen, wobei die generierten Bilder in mindestens zwei Bereiche aufgeteilt sind. Ein zentraler Bildbereich 12 ist in seiner Größe, Lage und vorzugsweise auch Geometrie angepaßt an die Fläche 25, die vom zentralen Sehfeld 23 des Beobachters 4 auf der Anzeigeeinheit 11 eingenommen wird.

Das zentrale Sehfeld 23 ist vorzugsweise gegeben durch ein Intervall $[0^\circ, \beta(\text{zentral})]$ eines weiteren Polarwinkels β . Dieser weitere Polarwinkel β wird relativ zur Blickrichtung 22, d. h. relativ zur Verbindungsgeraden zwischen dem Auge 41 des Beobachters 4 und dem Fixationspunkt 21 gemessen. Dies ist in Fig. 4 gezeigt. Der Grenzwinkel $\beta(\text{zentral})$ ist mit einem Wert von 30° , vorzugsweise von 20° , insbesondere von 10° , wobei optimale Werte vorteilhafterweise in experimentellen Vorversuchen evaluiert werden, insbesondere bezogen auf die individuelle Fähigkeit eines Beobachters zur Farbwahrnehmung und der räumlichen Auflösung oder auch auf die über eine Vielzahl von Beobachtern gemittelten Fähigkeiten.

Das zentrale Sehfeld ist allgemein gegeben durch denjenigen Bereich der Netzhaut des Auges 41 eines Beobachters 4, der eine erhöhte Fähigkeit zur Farbwahrnehmung und/oder ein erhöhtes räumliches Auflösungsvermögen aufweist. Diese Bereiche sind im wesentlichen rund, so daß ein Strahlenbündel, welches unter einem maximalen Winkel β einfällt, mit guter Genauigkeit auf diesen Bereich der Netzhaut abgebildet wird. Prinzipiell ist es auch möglich, das zentrale Sehfeld 23 nicht ausschließlich über ein Intervall des Winkels β zu definieren, sondern die Außengrenze des zentralen Sehfelds über eine Relation $\beta(\gamma)$ zu definieren, wobei γ der zugehörige Azimuthalwinkel eines Polarkoordinatensystems ist, dessen z-Achse durch die Blickrichtung 22 definiert ist. Dies ist in Fig. 5 gezeigt. Auf diese Weise kann eine optimierte Anpassung des zentralen Schfelds 23 an die physiologischen Voraussetzungen des Beobachters 4 oder eines "mittleren Beobachters" erfolgen.

Vorzugsweise wird der zentrale Bildbereich 12 dergestalt an das zentrale Sehfeld 23 des Beobachters 4 angepaßt, daß das zentrale Sehfeld 23 im wesentlichen vollständig innerhalb des zentralen Bildbereichs 12 liegt. Dies ist ebenfalls aus Fig. 2 ersichtlich. Insbesondere können der zentrale Bildbereich 12 und das zentrale Sehfeld 23 in Geometrie,

Größe und Lage übereinstimmen.

Die Computereinheit 3 ist dazu eingerichtet, derartige Bilder zu generieren, die in diesem zentralen Bildbereich 12 eine erhöhte Farbtiefe AF(zentral) und/oder eine erhöhte räumliche Auflösung AR(zentral) aufweisen. Außerhalb dieses zentralen Bildbereichs 12, im sogenannten peripheren Bildbereich 13 weisen die von der Computereinheit 3 generierten Bilder eine reduzierte Farbtiefe AF(peripher) und/oder eine reduzierte räumliche Auflösung AR(peripher) auf. Vorteilhafterweise sind AF(peripher) und/oder AR(peripher) um mindestens 75%, vorzugsweise um 93,75%, insbesondere um 98,44% oder mehr gegenüber AF(zentral) und/oder AR(zentral) reduziert.

Einheit der Farbtiefe AF kann beispielsweise die Zahl der Farbstufen pro Pixel sein, Einheit der räumlichen Auflösung beispielsweise die Zahl der Bildpunkte pro Länge und Breite der Anzeigefläche sein.

Weiterhin können sich weitere Verbesserungsmöglichkeiten ergeben, wenn der zentrale 12 und der peripheren Bildbereich 13 in Bezug auf die Farbtiefe AF und die räumliche Auflösung AR unabhängig voneinander gewählt werden. Dies kann insbesondere dadurch realisiert werden, daß die Intervalle $[0^\circ, \beta(\text{zentral})]$ für die Farbdarstellung $[0^\circ, \beta(\text{zentral}, \text{Farbe})]$ und für die räumliche Auflösung $[0^\circ, \beta(\text{zentral}, \text{Raum})]$ unterschiedlich oder gleich gewählt werden.

Außerdem können die Reduktionen α der Farbtiefe AF und der räumlichen Auflösung AR beim Übergang vom zentralen Bildbereich 12 zum peripheren Bildbereich 13 unterschiedlich oder auch übereinstimmend gewählt werden. Dabei ist α definiert als:

$$\alpha(\text{Farbe}) = 1 - \frac{AF(\text{peripher})}{AF(\text{zentral})}$$

$$\alpha(\text{Raum}) = 1 - \frac{AR(\text{peripher})}{AR(\text{zentral})}$$

Weitere Reduktionsmöglichkeiten ergeben sich weiterhin, wenn das von der Anzeigeeinheit 11 angezeigte Bild nicht nur in zwei Bildbereiche 12 und 13, sondern eine größere Zahl von Bildbereichen unterteilt wird, in denen stufenweise die räumliche Auflösung und/oder die Farbtiefe reduziert werden.

Das erfundungsgemäße Verfahren zur realitätsnahen optischen Darstellung einer Virtual Reality Simulation umfaßt die folgenden Verfahrensschritte:

a) Mittels der Computereinheit 3 wird ein Bild einer Virtual Reality Simulation generiert. Dieses Bild wird auf der optischen Anzeigeeinheit 11 angezeigt und von einem Beobachter 4 betrachtet. Das Auge 41 des Beobachters 4 befindet sich dabei am Ort r_1 . Der Beobachter 4 betrachtet den Fixationspunkt 21 auf der Anzeigeeinheit 11. Der Fixationspunkt 21 befindet sich am Ort r_2 . Die Blickrichtung 22 wird durch den Verbindungsvektor R gekennzeichnet.

b) Die Vorrichtung 2 erfaßt die Orte r_1 und r_2 und übermittelt diese an die Computereinheit 3.

c) Die Computereinheit 3 bestimmt aus r_1 und r_2 diejenige Fläche 25 auf der Anzeigeeinheit 11, welche vom zentralen Sehfeld 23 des Beobachters 4 erfaßt wird. Das zentrale Sehfeld 23 des Beobachters wird durch ein Intervall $[0^\circ, \beta(\text{zentral})]$ eines weiteren Polarwinkels β definiert, der gegen die Blickrichtung 22 am Auge 41 des Beobachters 4 gemessen wird. Das Intervall $[0^\circ, \beta(\text{zentral})]$ wird durch den Winkel $\beta(\text{zentral}) = 30^\circ$, vorzugsweise $\beta(\text{zentral}) = 20^\circ$, insbesondere

dere β (zentral) = 10° gegeben.

d) Danach wird ein Folgebild der Virtual Reality Simulation mittels der Computereinheit 3 generiert und angezeigt, wobei das generierte Bild mindestens zwei Bildbereiche mit unterschiedlicher Bildauflösung aufweist. Ein zentraler Bildbereich 12 weist eine erhöhte Auflösung räumliche RA1 und/oder Farbtiefe FA1 auf, ein peripherer Bildbereich 13 weist eine demgegenüber verringerte räumliche Auflösung RA2 und/oder Farbtiefe FA2 auf. Der zentrale Bildbereich 12 ist so gewählt, daß er die Fläche 25 im wesentlichen vollständig umfaßt, insbesondere in Bezug auf Geometrie, Lage und Größe vollständig mit ihr übereinstimmt. Die räumliche Auflösung RA2 liegt um 75%, vorzugsweise 93,75%, insbesondere 98,44% unter der räumlichen Auflösung RA1 und die Farbtiefe FA2 um 75%, vorzugsweise 93,75%, insbesondere 98,44% unter der Farbtiefe FA1.

e) Wiederholung der Schritte b), c) und d).

Beispielsweise kann die Computereinheit 3 in Schritt d) zuerst ein Bild generieren, welches einheitlich über die gesamte Anzeigefläche die Auflösungen AF2 und AR2 aufweist, und anschließend ein zweites Bild im zentralen Bildbereich 12 generieren, welches im Bereich 12 die Auflösungen AF1 und AR1 aufweist, und dann eine Überlagerung beider Bilder auf der Anzeigeeinheit 11 präsentieren.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens können noch erhöht werden, wenn auch die physiologischen Kennzeichen des menschlichen Sehens bei der Zeitauflösung von Einzelbildern ausgenutzt werden. Zu diesem Zweck wird die Rate R, mit der Bilddaten generiert werden, an die vorliegende Blickbewegungsphase (Fixation, Sakkade oder kontinuierliche Folgebewegung) angepaßt. Während einer Fixationsphase oder einer Phase einer kontinuierlichen Folgebewegung werden veränderliche Bilddaten mit einer Datenrate R1 generiert. Dagegen wird während eines sakkadischen Blicksprungs Bilddaten mit einer Datenrate R2 generiert, wobei R2 um 50%, vorzugsweise 75%, insbesondere 100% unter R1 liegt.

Neben der Generierung von neuen Einzelbildern mit gegebenenfalls verändertem Bildinhalt mit einer Datenrate R werden die Bilder mit einer Wiederholrate f auf der Anzeigeeinheit 11 angezeigt. Die Wiederholrate f ist vorteilhaftweise so eingestellt, daß den ergonomischen Anforderungen einer Bilddarstellung auf der verwendeten Anzeigeeinheit 11 genüge getan wird (z. B. Wiederholrate 85 Hz bei einem Kathodenstrahlbildschirm).

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens wird während einer Fixationsphase des Beobachters nur ein zeitlich unveränderliches Bild generiert. Dieses wird mit einer ergonomischen Wiederholrate f angezeigt, der Bildinhalt jedoch nicht verändert. Ein neues Einzelbild mit gegebenenfalls verändertem Bildinhalt wird erst nach erfolgtem sakkadischen Blicksprung während der sich anschließenden Fixationsphase generiert und angezeigt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird parallel zu den Verfahrensschritten a) bis e) mittels einer geeigneten Vorrichtung 2 der Zeitpunkt des nächsten Blicksprungs oder der zeitliche Verlauf eines kontinuierlichen Blickrichtungswechsels des Beobachters 4 vorausbestimmt. Ein gemäß der Verfahrensschritte c) und d) generiertes Folgebild wird dann an die Blickrichtung des Beobachters 4, wie sie für den Zeitpunkt seiner Darstellung vorausbestimmt ist, in seiner Auflösung angepaßt.

Eine solche Vorrichtung 2 läßt sich beispielsweise mittels

einer EMG-Messung, d. h. einer Messung der muskelerregenden elektrischen Potentiale in Augennähe, realisieren. Aus dem Verlauf dieser el. Potentiale lassen sich Augenbewegungen um bis zu 50 ms vorhersagen. Insbesondere können auf diese Weise Zeitpunkt und Richtung von Blicksprüngen vorhergesagt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird angenommen, daß der zeitliche Verlauf eines kontinuierlichen Blickrichtungswechsels durch die Bewegung des fixierten, d. h. im Zentrum des Sehfelds befindlichen Objekts gegeben ist. Die Auflösung der generierten Einzelbilder gemäß der Verfahrensschritte c) und d) wird an diese Blickrichtung angepaßt, bis mittels der Vorrichtung 2 zur Erfassung der Blickrichtung 22 ein Blicksprung registriert oder vorhergesagt wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur hochaufgelösten optischen Präsentation von Virtual Reality Szenarien, die folgenden Elemente umfassend:

- Datensichtgerät (1) mit mindestens einer Anzeigeeinheit (11), insbesondere einem Bildschirm, zur optischen Wiedergabe von analogen oder digitalen Bilddaten,
- eine Vorrichtung (2) zur zeitaufgelösten Erfassung der Blickrichtung (22) eines die Anzeigeeinheit (11) betrachtenden Beobachters (4), die insbesondere dafür ausgelegt ist, die aktuelle Blickrichtung (22) des Beobachters (4) auf die Anzeigeeinheit (11) zu erfassen, wobei die Blickrichtung (22) durch den Vektor R beschrieben werden kann, welcher sich von einem Ort r1, an welchem sich ein Auge (41) des Beobachters (4) befindet, zu einem Fixationspunkt (21), welcher sich an einem Ort r2 befindet, erstreckt,
- eine Computereinheit (3), die mit der Anzeigeeinheit (11) und der Vorrichtung (2) zur zeitaufgelösten Erfassung der Blickrichtung (22) verbunden ist, wobei die Computereinheit (3) dazu eingerichtet ist, mittels eines Steuerungsprogrammes Szenen in einer Virtual Reality Simulation zu erzeugen und mittels der Anzeigeeinheit (11) dem Beobachter (4) darzubieten, wobei die Computereinheit (3) dazu eingerichtet ist, derartige Bilder zu generieren, die in einem zentralen Bildbereich (12) eine erhöhte Farbtiefe AF(zentral) und/oder eine erhöhte räumliche Auflösung AR(zentral) aufweisen, und die in einem peripheren Bildbereich (13), welcher außerhalb des zentralen Bildbereichs (12) liegt, eine reduzierte Farbtiefe AF(peripher) und/oder eine reduzierte räumliche Auflösung AR(peripher) aufweisen, wobei AF(peripher) und/oder AR(peripher) mindestens um $\alpha = 75\%$, vorzugsweise um $\alpha = 93,75\%$, insbesondere um $\alpha = 98,44\%$ oder mehr gegenüber AF(zentral) und/oder AR(zentral) reduziert sind und wobei der zentrale Bildbereich (12) derart gewählt ist, daß er diejenige Fläche (25) auf der Anzeigeeinheit (11) im wesentlichen vollständig umfaßt, welche vom zentralen Sehfeld (23) des Beobachters (4) erfaßt wird, wobei das zentrale Sehfeld (23) des Beobachters (4) bezüglich der Farbwahrnehmung durch ein Intervall $[0^\circ, \beta(\text{zentral}, \text{Farbe})]$ gegeben ist, das zentrale Sehfeld (23) des Beobachters (4) bezüglich des räumlichen Auflösungsvermögens durch ein Intervall $[0^\circ, \beta(\text{zentral}, \text{Raum})]$ gegeben ist.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel β (zentral, Raum/Farbe) eine Relation $\beta(\gamma)$ des Azimuthalwinkels γ des Polarkoordinatensystems (β, γ) ist und diese Relation an den mittleren Verlauf der Fähigkeit zur Farbwahrnehmung und/oder des räumlichen Auflösungsvermögens des Beobachters angepaßt ist. 5

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass β (zentral, Raum/Farbe) = 30° , vorzugsweise β (zentral, Raum/Farbe) = 20° , insbesondere β (zentral, Raum/Farbe) = 10° für alle Azimuthalwinkel γ ist. 10

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass β (zentral, Farbe) und β (zentral, Raum) übereinstimmend oder verschieden gewählt sind. 15

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die räumliche Lage der Anzeigeeinheit (11) relativ zur räumlichen Lage r_1 der Augen (41) des Beobachters (4), welcher die Anzeigeeinheit (11) betrachtet, im wesentlichen fixiert ist. 20

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reduktion α der Farbtiefe AF (Reduktion um α (Farbe)) und der räumlichen Auflösung AR (Reduktion um α (Raum)) übereinstimmend oder verschieden gewählt sind. 25

7. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Computereinheit (3) dazu eingerichtet ist, während einer Fixationsphase veränderliche Bilddaten mit einer Datenrate R1 zu generieren, und während eines sakkadischen Blinksprungs Bilddaten mit einer Datenrate R2 zu generieren, wobei R2 mindestens um 50%, vorzugsweise mindestens um 75%, insbesondere um 100% unter R1 liegt. 30

8. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Computereinheit (3) dazu eingerichtet ist, während einer Fixationsphase nur ein zeitlich unveränderliches Bild zu generieren. 35

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (2) zur Erfassung der Blickrichtung (22) als Elektronystagmograph, als Photo-Elektronystagmograph, als PSD mit Auswerte-elektronik oder als CCD-Kamera mit nachfolgender Bildverarbeitung ausgeführt ist. 40

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (2) zur Erfassung der Blickrichtung (22) eines die Anzeigeeinheit betrachtenden Beobachters (4) dazu eingerichtet ist, den Zeitpunkt des nächsten sakkadischen Blinksprungs oder den zeitlichen Verlauf eines kontinuierlichen Blickrichtungswechsels des Beobachters (4) im Voraus zu bestimmen. 45

11. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Datensichtgerät (1) als Brille oder Datenhelm ("Eyephone") ausgebildet ist. 50

12. Vorrichtung gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eventuelle Elektroden der Vorrichtung (2) in das Datensichtgerät (1) integriert sind. 55

13. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Datensichtgerät (1) zwei von einander unabhängige Anzeigeeinheiten (11) zur Realisierung stereoskopischen Sehens aufweist. 60

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (2) zur Erfassung der Blickrichtung (22) in das Datensichtgerät (1) integriert ist. 65

15. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Anzeigeeinheit (11) des Datensichtgeräts (1) als Flachbildschirm in LCD-,

Plasma- oder Polymertechnologie oder als Projektionsvorrichtung in LCD-Technologie ausgeführt ist.

16. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Computereinheit (3) drahtlos mit dem Datensichtgerät (1) und der Vorrichtung (2) zur Erfassung der Blickrichtung (22) verbunden ist.

17. Verfahren zur realitätsnahen optischen Darstellung einer Virtual Reality Simulation, die folgenden Verfahrensschritte umfassend:

- Generieren eines Bildes einer Virtual Reality Simulation mittels einer Computereinheit (3) und Anzeige desselben auf einer optischen Anzeigeeinheit (11),
- Bestimmung der Blickrichtung (22) eines Beobachters (4) auf die optische Anzeigeeinheit (11), insbesondere der Orte r_1 und r_2 mittels einer Vorrichtung (2) zur Erfassung der Blickrichtung (22) und Übermittlung derselben an die Computereinheit (3),
- Bestimmung derjenigen Fläche (25) auf der Anzeigeeinheit (11) aus r_1 und r_2 mittels der Computereinheit (3), welche vom zentralen Sehfeld 23 des Beobachters 4 erfaßt wird, wobei das zentrale Sehfeld (23) des Beobachters durch ein Intervall $[0^\circ, \beta(\text{zentral})]$ eines Polarwinkels β definiert ist, der gegen die Blickrichtung (22) am Auge 41 des Beobachters (4) gemessen wird,
- Generierung eines Folgebilds der Virtual Reality Simulation mittels der Computereinheit (3) und Anzeige desselben auf der Anzeigeeinheit (11), wobei das generierte Bild mindestens zwei Bildbereiche mit unterschiedlicher Bildauflösung aufweist, insbesondere ein zentraler Bildbereich (12) eine erhöhte Auflösung räumliche RA1 und/oder Farbtiefe FA1 aufweist, ein peripherer Bildbereich (13) demgegenüber eine verringerte räumliche Auflösung RA2 und/oder Farbtiefe FA2 aufweist, wobei der zentrale Bildbereich (12) so gewählt ist, daß er die Fläche (25) im wesentlichen vollständig umfaßt, insbesondere in Bezug auf Geometrie, Lage und Größe vollständig mit ihr übereinstimmt und die räumliche Auflösung RA2 um 75%, vorzugsweise 93,75%, insbesondere 98,44% unter der räumlichen Auflösung RA1 liegt und die Farbtiefe FA2 um 75%, vorzugsweise 93,75%, insbesondere 98,44% unter der Farbtiefe FA1 liegt.
- weiter mit b)

18. Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel β (zentral, Raum/Farbe) eine Relation $\beta(\gamma)$ des Azimuthalwinkels γ eines Polarkoordinatensystems (β, γ) ist und diese Relation an den mittleren Verlauf der Fähigkeit zur Farbwahrnehmung und/oder des räumlichen Auflösungsvermögens des Beobachters angepaßt ist.

19. Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass β (zentral, Raum/Farbe) = 30° , vorzugsweise β (zentral, Raum/Farbe) = 20° , insbesondere β (zentral, Raum/Farbe) = 10° für alle Azimuthalwinkel γ ist.

20. Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass β (zentral, Farbe) und β (zentral, Raum) übereinstimmen oder verschieden sind.

21. Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Computereinheit (3) während einer Fixationsphase Bilddaten mit einer Datenrate R1 generiert, und während eines sakkadischen Blinksprungs Bilddaten mit einer Datenrate R2 generiert, wobei R2

um 50%, vorzugsweise 75%, insbesondere 100% unter R1 liegt.

22. Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zu den Verfahrensschritten b) bis c) mittels einer Vorrichtung (2) gemäß Anspruch 10 der Zeitpunkt des nächsten Blicksprungs oder der zeitliche Verlauf eines kontinuierlichen Blickrichtungswechsels des Beobachters (4) vorausbestimmt wird und für die Bestimmung der Fläche (25) gemäß Verfahrensschritt c) die für den Zeitpunkt der Darstellung des Folgebilds vorausbestimmte Blickrichtung (22) des Beobachters (4) zugrundegelegt wird. 5

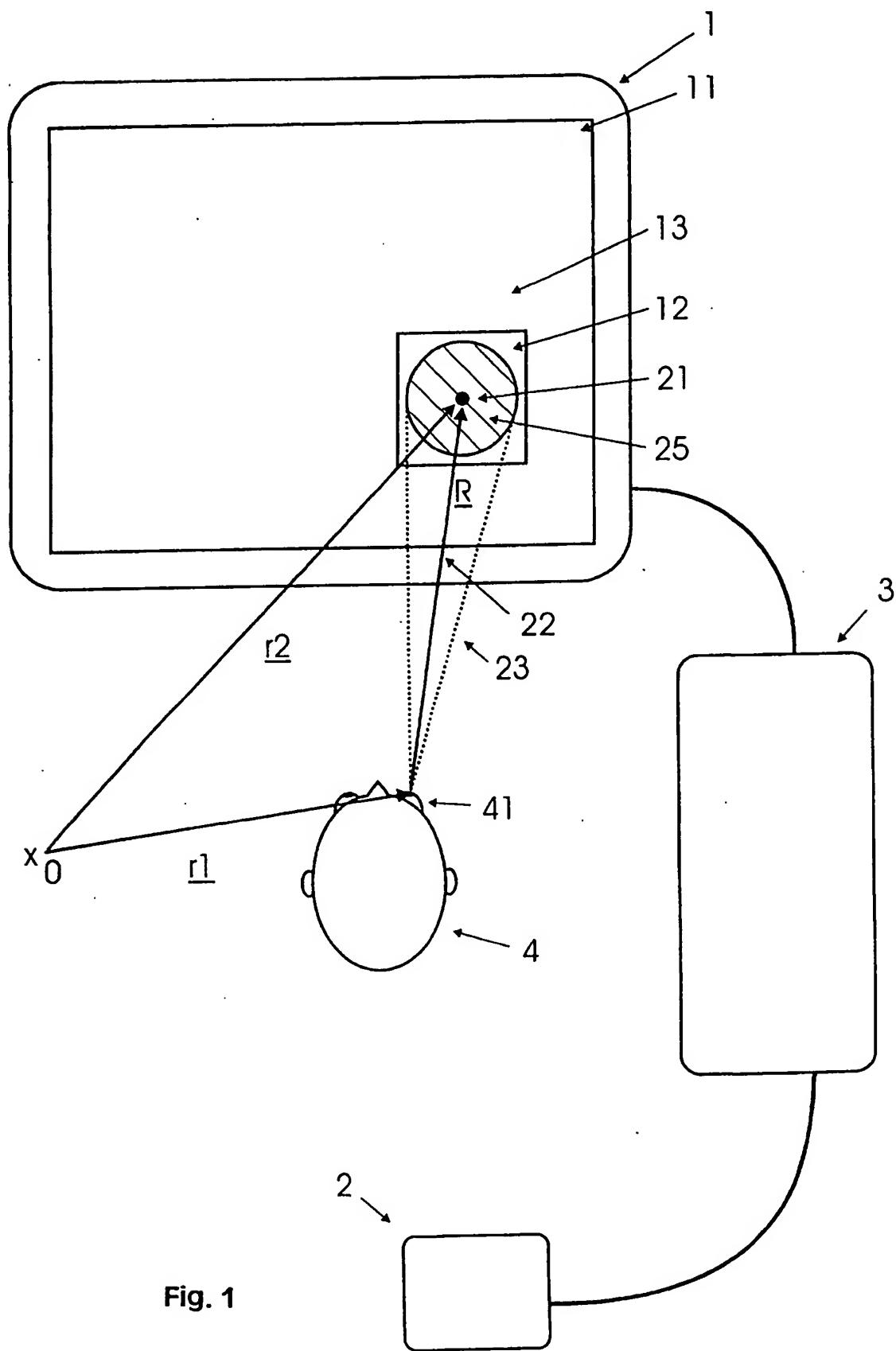
23. Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der zeitliche Verlauf eines kontinuierlichen Blickrichtungswechsels als durch die Bewegung eines vom Beobachter (4) fixierten, d. h. im zentralen Sehfeld (23) befindlichen Objekts gegeben angenommen wird, und daß für die Bestimmung der Fläche (25) gemäß Verfahrensschritt c) die für den Zeitpunkt der Darstellung des Folgebilds vorausbestimmte Blickrichtung (22) des Beobachters (4) zugrundegelegt wird, bis mittels der Vorrichtung (2) gemäß Anspruch 9 ein Blicksprung registriert oder vorhergesagt wird. 15

24. Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Computereinheit (3) während einer Fixationsphase nur ein zeitlich unveränderliches Bild generiert. 20 25

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- Leerseite -



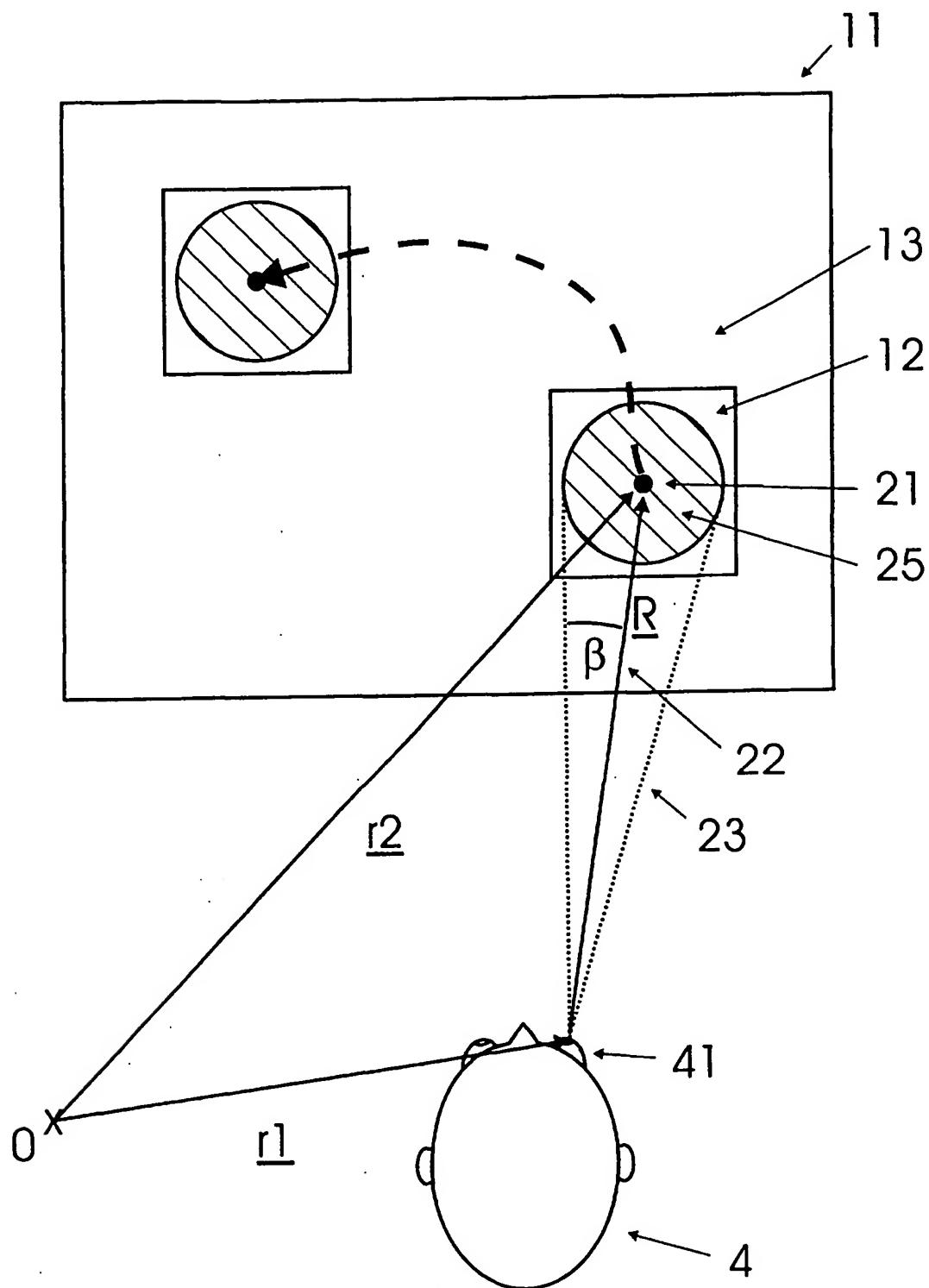


Fig. 2

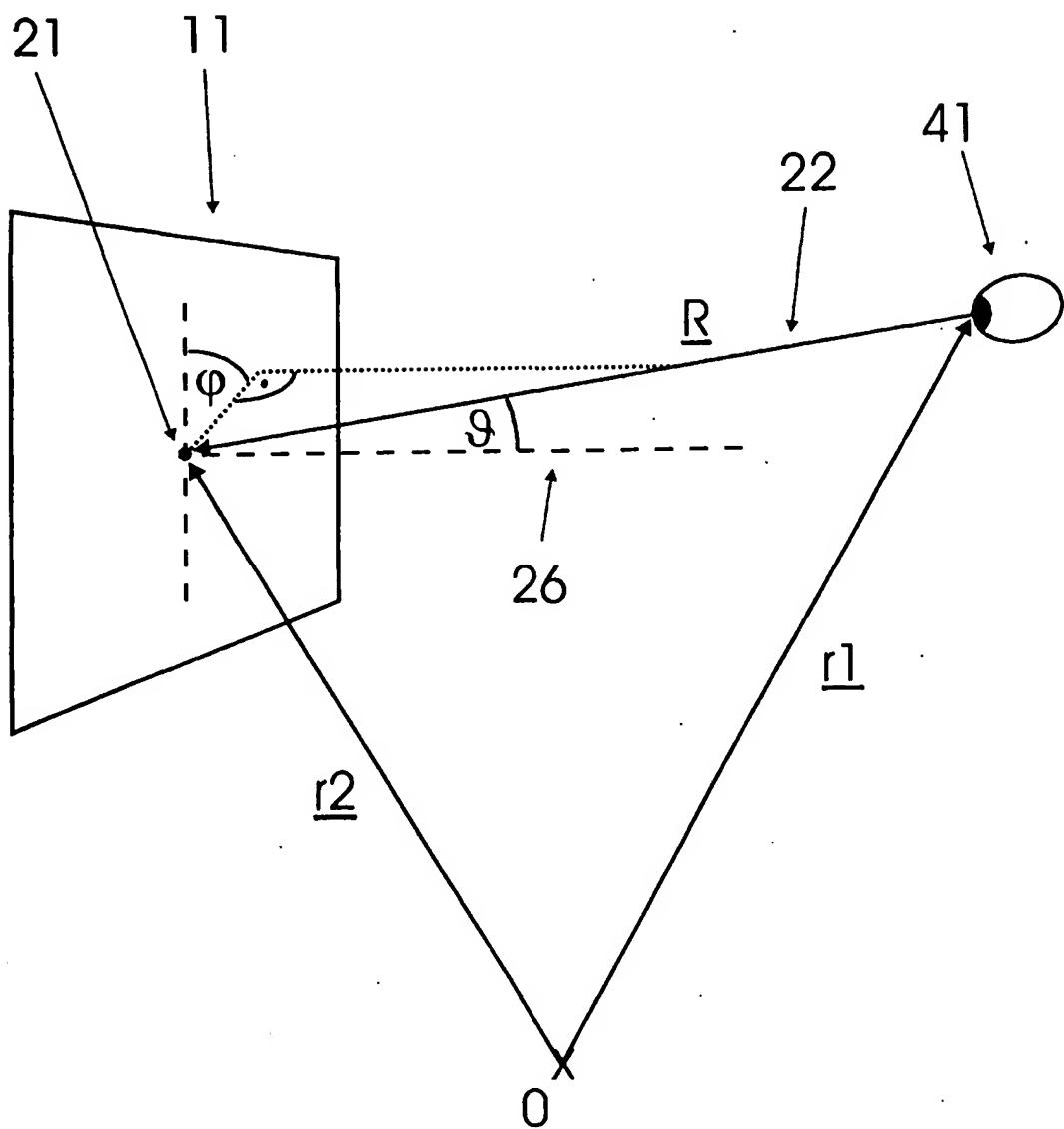


Fig. 3

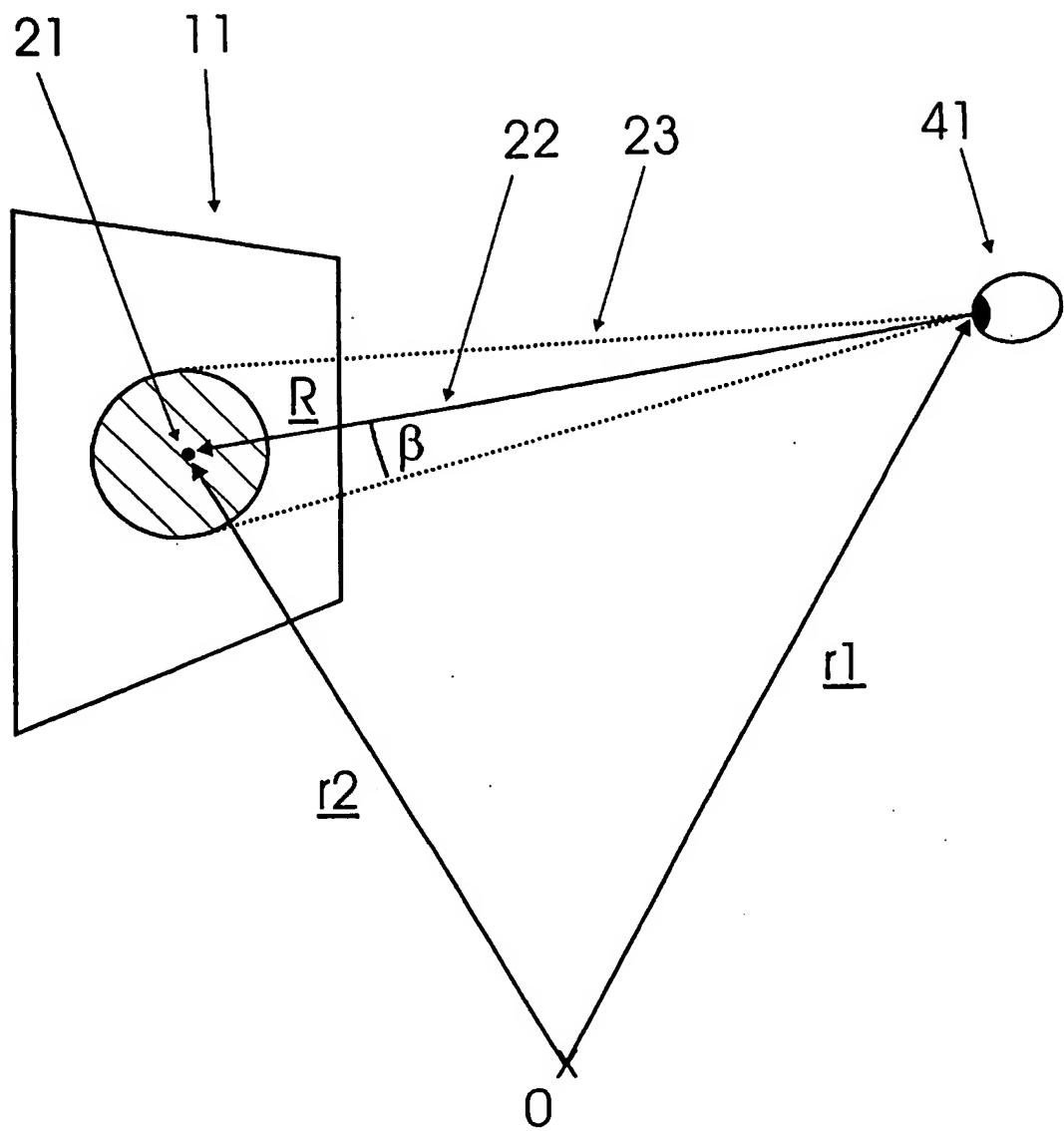


Fig. 4

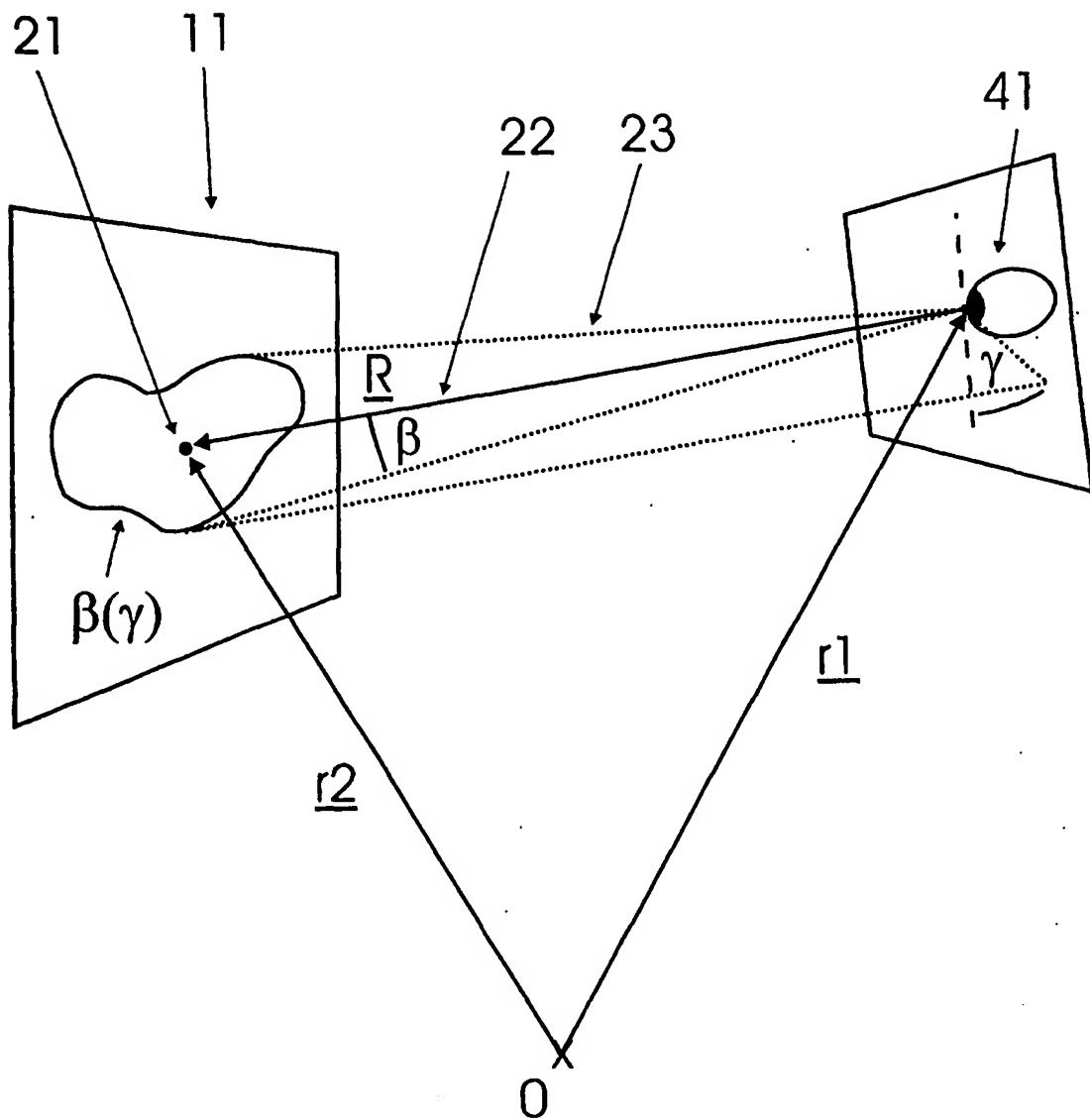


Fig. 5